

УДК 691-175

Бак. А.С. Плявина
Рук. А.В. Свиридов, А.Е. Шкуро
УГЛТУ, Екатеринбург

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

Низкая стоимость, легкий и быстрый процесс производства позволили полиэтилену получить широкое распространение во многих отраслях промышленности и быта, что по праву ставит этот полимер на первое место по популярности [1].

Целью данной работы являлось увеличение прочностных характеристик полиэтилена за счет введения наполнителя – высокодисперсного слоистого алюмосиликата.

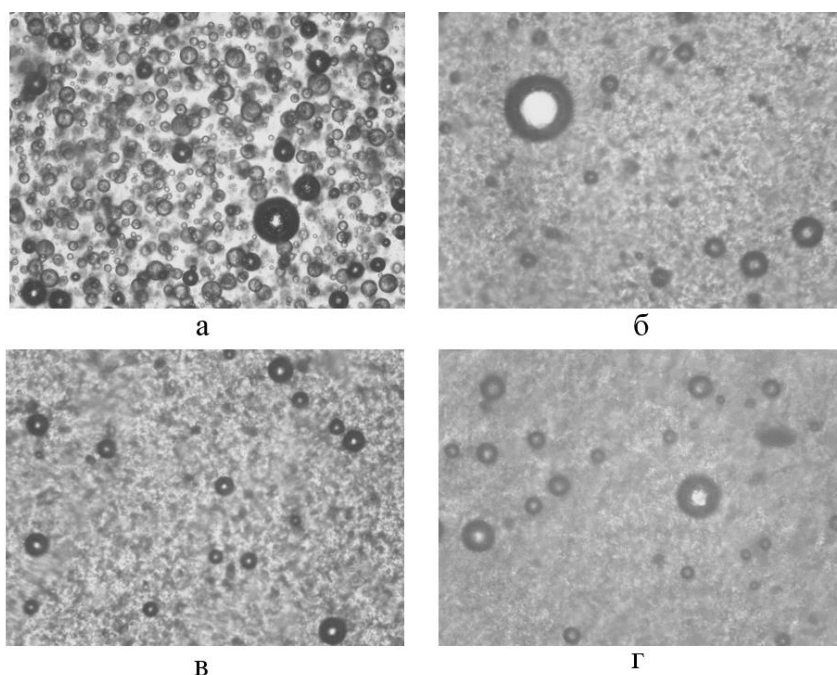
В работе использовали ПЭВД (PETILEN YY) S0464. Его характеристики: скорость течения расплава 0,36 г / 10 мин; плотность (при 23 °С) 0,961 г/см³; точка плавления 134 °С; напряжение при текучести 28 МПа; предел прочности при разрыве 31 МПа; относительное удлинение при разрыве 1115 %; модуль изгиба (при 23 °С) 1150 МПа; ударная вязкость по Изоду (при 23 °С, с надрезом) 300 Дж/м; твердость (по Шору D) 65; усилие разрушения при воздействии окружающей среды (10% Igepal, F50) 16 часов; точка размягчения по Вика (10 Н) 128 °С.

В качестве наполнителя был выбран высокодисперсный порошок слоистого алюмосиликата. Слоистый алюмосиликат имеет размер частиц от 10 до 100 нм и удельную поверхность от 500 до 650 м²/г. В данном минерале основной структурный слой состоит из двух кремнекислородных слоев, в которых каждый атом кремния находится в тетраэдрической координации с окружающими его атомами кислорода, которые связаны со слоем ионов алюминия, находящегося в октаэдрической координации с кислородом кремнекислородных слоев. Также существует некоторая замена Si⁺⁴ на Al⁺³ в тетраэдрическом слое и возможно частичное замещение Al⁺³ на Mg⁺² в октаэдрическом слое. В результате в составе алюмокремнекислородного слоя образуется избыточный отрицательный заряд. Он уравнивается слоем ионообменных катионов, таким, как Na⁺ вместе с водой, которая удерживается в алюмокремнекислородных слоях даже в сухом состоянии. При погружении в воду или полярную органическую жидкость слои набухают отдельно. Важнейшей характеристикой дисперсии монтмориллонитовых глин (бентонитов) является склонность к образованию густых гелеобразных суспензий в воде при низких концентрациях [2].

В качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ) использовались альфа-олефинсульфонаты (АОС). Промышленный АОС преимущественно состоит из смеси C_{14}/C_{16} α -олефинсульфонатов. Это светлые жидкости, содержащие твердые остатки в количестве 40 %, с содержанием активного 38 %-го дельта-сультона и концентрацией $< 5ppm$ [3]; ПАВ служило для адгезионного взаимодействия между наполнителем и полиэтиленом.

На первом этапе определялось оптимальное соотношение концентрации ПАВ, наполнителя и полиэтилена. Для изучения распределения наполнителя в среде полимера были получены снимки с оптического микроскопа (Микрометр 3). Распределение наполнителя в среде полимера изучалось при различных концентрациях ПАВ. Первые эксперименты по смешиванию наполнителя с полимером проводили для системы слоистый алюмосиликат – полиизобутилен. Полиизобутилен был выбран из-за того, что он находится в жидком агрегатном состоянии и по своим свойствам близок к полиэтилену. Жидкое состояние полиизобутилена позволяет оперативно получать микроснимки и наблюдать процесс распределения наполнителя в среде полимера.

Содержание поверхностного вещества, используемого для равномерного распределения наполнителя в полимере, варьировалось в пределах 10–14 %. Микроскопические снимки (500 микрон) представлены на рисунке.



Распределение слоистого алюмосиликата в полиизобутилене при различном содержании ПАВ:

а – 0 % ПАВ; б – 10 % ПАВ; в – 12 % ПАВ; г – 14 % ПАВ

По результатам проведенных исследований было выбрано оптимальное соотношение концентрации ПАВ и наполнителя. Данное соотношение

составило 14 % ПАВ от массы алюмосиликата и содержания наполнителя. Это соотношение было выбрано для дальнейших экспериментов по смешиванию наполнителя с полиэтиленом в процессе экструзии и получению нанокompозитных материалов.

На втором этапе исследования получали нанокompозитные материалы путем смешивания полиэтилена высокого давления (ПВД), слоистого алюмосиликата, обработанного ПАВ. Концентрация ПАВ составляла 14 % от алюмосиликата, массовое соотношение полиэтилен – алюмосиликат составляло 191 г ПЭВД на 13 г алюмосиликата.

Процесс экструзии проводили на лабораторном экструдере ЛЭРМ-1. В зону смешивания компонентов при температуре 180 °С вносили предварительно смешанную суспензию алюмосиликата, обработанного ПАВ, с гранулами ПЭВД. Время процесса экструзии составляло 30 мин при температуре 180 °С. В результате экструзии были получены образцы нанокompозитного материала цилиндрической формы длиной 15–20 см и диаметром 7–9 мм. Из данных образцов методом прессования получали диски диаметром 90 мм. Масса одного диска составляла 30±2 г.

Получаемые в процессе прессования диски нанокompозитного материала проходили тесты на следующие показатели:

- твердость по Бринеллю;
- ударная вязкость (прочность);
- предел прочности при изгибе;
- плотность.

Результаты проведенных тестов нанокompозитного материала (в сравнении с исходным полиэтиленом) приведены в таблице.

**Механические свойства композитного материала
в сравнении с ненаполненным полиэтиленом**

Показатель	ПЭВД S0464	Композитный материал	Комментарий
Твердость (по Бринеллю), МПа	28,90	47,42	Твердость образца увеличилась в 1,64 раза
Число упругости материала, %	88,2	68,4	Упругость снизилась на 19,8 %
Контактный модуль упругости, МПа	310,00	571,28	Контактный модуль увеличился в 1,84 раза
Ударная вязкость, кДж/м ²	9,6	9,8	Ударная вязкость композита незначительно увеличилась
Прочность при изгибе, МПа	41,80	37,57	Прочность при изгибе снизилась на 10,1 %
Плотность образца, г/см ³	0,960	0,954	Плотность образца практически не изменилась

Таким образом, существенно увеличились прочностные характеристики композитного материала по сравнению с ненасыщенным полиэтиленом. Возросли твердость и контактный модуль упругости. При этом образец стал менее упругим, также снизилась прочность при изгибе (на 10 %). Также при введении алюмосиликатных наполнителей возможно увеличение температурной стойкости и огнестойкости композитного материала, снижение газопроницаемости по сравнению с ненаполненным полиэтиленом. В дальнейших исследованиях возможны следующие направления развития:

- увеличение твердости образца (путем увеличения количества алюмосиликатного наполнителя в образце композита, совершенствования рецептуры и технологических параметров процесса);
- восстановление параметров упругости и прочности при изгибе (путем введения компатибилизаторов либо других видов наполнителей);
- тестирование полученных образцов на термостабильность, огнестойкость, газопроницаемость, водостойкость;
- возможная область применения полученного композитного материала: изделия повышенной прочности (относительно полиэтилена), работающие при повышенных температурах (например, трубопроводы горячей воды и др.).

Библиографический список

1. Свойства и применение полимера полиэтилен / Полимер инфо // Copyright, 2016-2017. URL:<https://polimerinfo.com/polietilen/polietilen-svojstva-i-primenenie.html> (дата обращения 23.07.2019).
2. Айлер, Ральф К. / Коллоидная химия кремнезема и силикатов / Пер. с англ. А. Н. Бойковой; Под ред. действ. чл. Акад. строительства и архитектуры СССР проф. Н. А. Торопова. Москва: Госстройиздат, 1959. 288 с.
3. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / К.Р. Ланге; Под науч. ред. Л.П. Зайченко. СПб.: Профессия, 2007. 240 с.